

УДК 621.316.7:519.863

Н.В. КОМЕНДА

## КОМПЛЕКСНА МОРФОМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ НАВАНТАЖЕННЯМ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАВАННЯ

*Луцький національний технічний  
університет, м. Луцьк, Україна*

**Анотація.** Запропонована комплексна морфометрична модель управління навантаженням систем електропостачання, що дозволяє вирішувати питання покращення режимів роботи мереж на основі управління їх навантаженням.

**Аннотация.** Предложена комплексная морфометрическая модель управления нагрузкой систем электроснабжения, которая позволяет решать вопросы улучшения режимов работы сетей посредством управления их нагрузкой.

**Abstract.** Complex morphometric model of the power systems loads management was proposed. It allows solving questions of networks modes improvements based on their load management.

**Ключові слова:** морфометрія, комплексна модель, управління навантаженням.

### ВСТУП

Взаємозв'язок задач аналізу, планування та управління навантаженням систем електропостачання (СЕП) промислових підприємств вимагає створення цілісної комплексної моделі управління, що дозволить в режимі реального часу вирішувати складні питання покращення режимів роботи мереж та управління споживанням електроенергії їх споживачів. Функціонування та результативність даної моделі залежить в першу чергу від детальності оцінки параметрів процесу передачі, розподілу та споживання електроенергії у кожній точці мереж СЕП. Оскільки морфометричний підхід до аналізу добової нерівномірності графіка електричних навантажень (ГЕН) забезпечує значно більшу інформативність процесу аналізу [1-7] і дозволяє детальніше охарактеризувати нерівномірність у порівнянні з традиційним підходом [1-7], то його використання дозволить більш детально здійснювати розрахунки та аналіз у порівнянні з класичним підходом.

### МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В попередніх працях нами здійснений детальний огляд компонентів комплексної моделі. Зокрема в [1, 3] побудовано комплексний критерій рівномірності ГЕН. В [1, 4] запропоновано метод кластерної морфометричної класифікації ГЕН. В [1, 5] розглянуто метод пошуку споживачів-регуляторів (СР) на промисловому підприємстві на основі морфометричного підходу. В [2] запропоновано метод морфометричного розрахунку втрат електроенергії в мережах СЕП. Вищеперелічені методи дозволяють утворити комплексну модель управління навантаженням систем електропостачання на основі використання загальноновизнаних принципів інтеграції, які дозволять утворити цілісну модель з сукупності, що буде містити ряд визначальних властивостей і методів, які притаманні ряду вихідних моделей. При інтеграції моделей використаємо інформаційно-орієнтований принцип на основі інтеграції моделей та даних. Схематично комплексна модель наведена на рис. 1.

Комплексна модель управління навантаженням промислового підприємства дає змогу об'єднати в процесі управління різні рівні ієрархії СЕП (об'єкт і технічні засоби), що значно спрощує процес управління. В якості СР для рівня електропостачальної компанії можливо використання підприємств, а для рівня підприємств – окремих технологічних агрегатів (рис. 2).

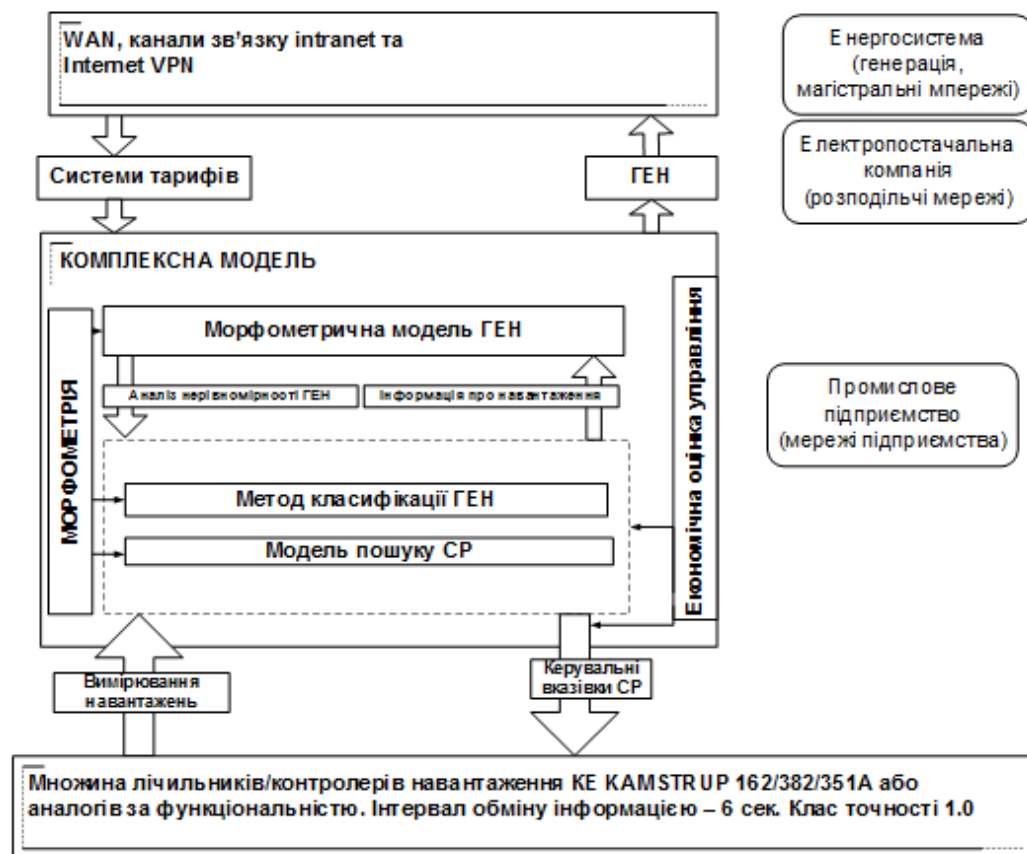


Рис. 1. Комплексна модель управління навантаженням СЕП промислового підприємства

Прослідкувати і проаналізувати вплив того чи іншого результату вирівнювання нижчого ієрархічного рівня на рівномірність ГЕН вищого рівня зручно здійснити на основі класифікації навантажень в морфометричних координатах  $M_1, M_2, M_3, M_4$ . Визначення даних морфометричних координат наведено в [1; 3; 6; 7]. На рис.2 наведено приклад управління навантаженням на різних ієрархічних рівнях СЕП. Зміни режимів роботи СР прослідковуються у змінах морфометричних координат ГЕН цехів (груп споживачів). Ці зміни чинять безпосередній вплив на ГЕН вищого ієрархічного рівня і, відповідно, на його морфометричну оцінку. Внаслідок цього ГЕН вищого рівня може перейти з кластерної групи, що характеризується високим рівнем добової нерівномірності у групу, що має кращі показники добової нерівномірності. Приклад здійснення класифікації наведено в [4]. Даний підхід дозволить детально проаналізувати процес управління і вплив тих чи інших змін на різні ієрархічні рівні СЕП. В результаті це дозволить спростити та візуалізувати процес управління. Як результат ми зможемо прогнозувати вплив наших управлінських рішень на рівномірність ГЕН вищих рівнів СЕП і як результат, на зменшення нерівномірності ГЕН енергосистеми.

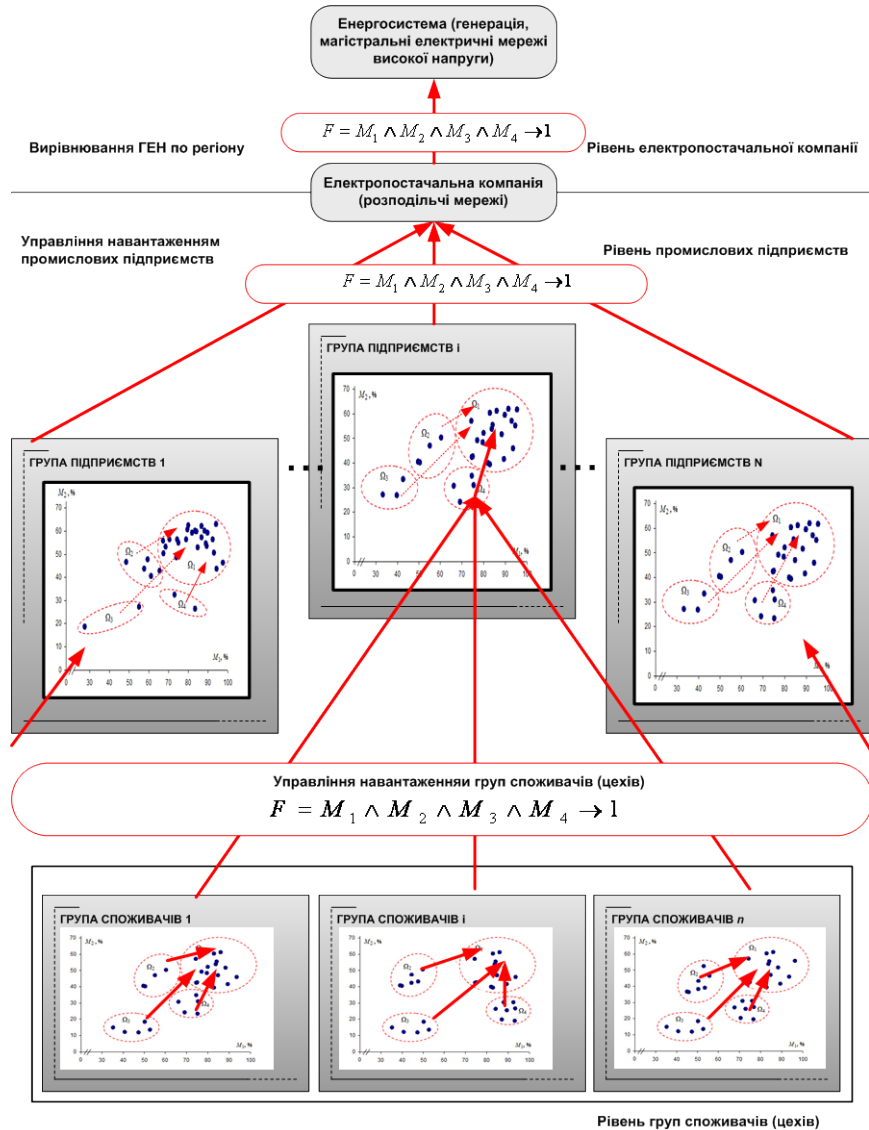


Рис. 2. Комплексне управління навантаженням на різних ієрархічних рівнях СЕС

Для реалізації системи управління необхідно побудувати таку систему технічного обліку електроенергії на підприємстві, яка дозволяла б зчитувати добовий ГЕН та передавати інформацію на сервер для її подальшого аналізу, зокрема визначення множини СР серед приймачів електроенергії підприємства. Технічне виконання системи доцільно здійснити з допомогою попередньо запрограмованих контролерів навантаження (КН), що вмикаються в точки підключення обладнання, зчитують значення спожитої потужності і передають інформацію через радіоканали на сервер аналізу електроспоживання (рис. 3).

Для побудови системи управління навантаженням пропонується використати розподілену дворівневу структуру, яка містить:

підсистему нижнього рівня, що забезпечує збір і первинну обробку інформації, видачу управляючих дій, на виконавчі механізми окремих енергетичних об'єктів і передачу інформації сигналізації і вимірювання на верхній рівень системи;

підсистему верхнього рівня, що забезпечує взаємодію з оператором, відображення параметрів вимірювання, вироблення і передачу управляючих команд, що управляють, на підсистеми нижнього рівня, накопичення даних, їх архівацію і формування звітів.

Підсистема нижнього рівня складається з сукупності КН. Підсистема верхнього рівня є сервером, на якому встановлено програмне забезпечення аналізу добової нерівномірності, пошуку СР, класифікації, що розроблене на основі морфометричних методів та моделей. Для зв'язку підсистем можуть бути використані технології безпроводного доступу у відповідності зі стандартом IEEE 802.11b.

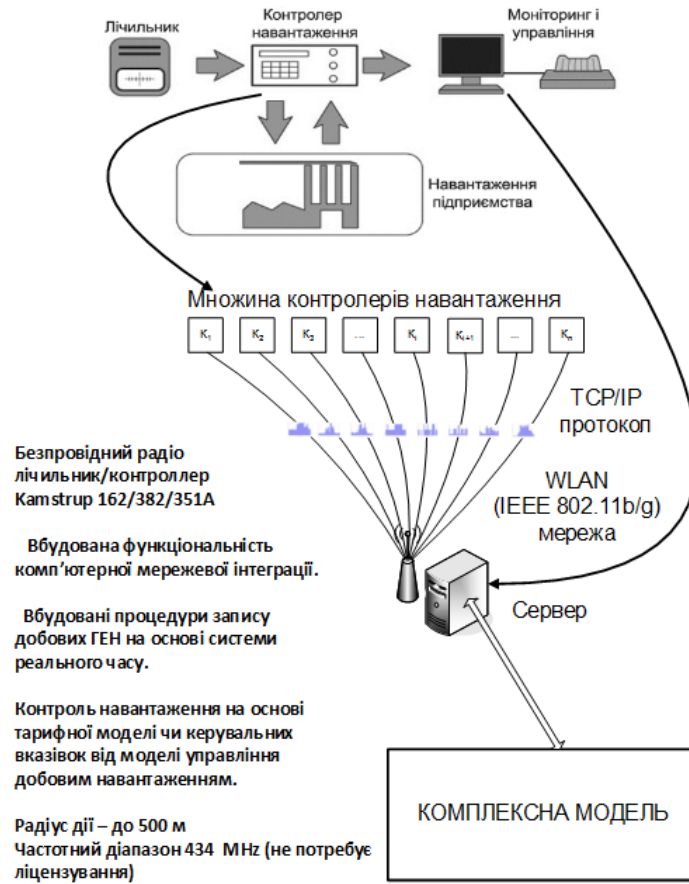


Рис. 3. Спрощена схема системи обліку та управління навантаженням СЕП промислового підприємства

На основі інформації від множини КН серверне програмне забезпечення здійснює аналіз нерівномірності добових ГЕН кожної одиниці обладнання, проводить узагальнення та накопичення інформації, забезпечуючи функціонування комплексної моделі.

Економічну оцінку результатів у процесі керування навантаженням СЕП на основі морфометричного підходу слід здійснювати наступним чином:

$$\Delta\Pi_{\Sigma} = \left[ (E_{до\ упр.} - E_{після\ упр.}) + (\Delta W_{н.до\ упр.} - \Delta W_{н.після\ упр.}) \cdot n \right] \cdot T_{диф}, [\text{грн}], \quad (1)$$

де  $E_{до\ упр.}$ , [кВт·год] – спожита електроенергія за час спостереження, до здійснення керувального впливу;  $E_{до\ упр.}$ , [кВт·год] – очікуване споживання електроенергії за час спостереження, після керувального впливу;  $T_{диф}$ , [грн/кВт·год] – тариф на спожиту електроенергію;  $n$ , [год] – кількість годин спостереження;  $\Delta W_n$ , [кВт·год] – навантажувальні втрати СЕП за добу [2]:

$$\Delta W_n = I_{мef}^2 \cdot R_e \cdot T = \left( \sqrt{S_{ГЕН^2} / T} \right)^2 \cdot R_e \cdot T = \frac{S_{ГЕН^2}}{T} \cdot R_e \cdot T = S_{ГЕН^2} \cdot R_e. \quad (2)$$

де  $R_e$ , [Ом] – еквівалентний опір мережі;  $I_{мef} = \sqrt{S_{ГЕН^2} / T}$ , [А] – ефективний струм обчислений за допомогою морфометричного підходу [2];  $S_{ГЕН^2}$ , [А<sup>2</sup>·год] – площа графіка, створеного на основі середньоквадратичних навантажень [2].

Алгоритм функціонування комплексної моделі можна представити в наступному вигляді, рис.4.

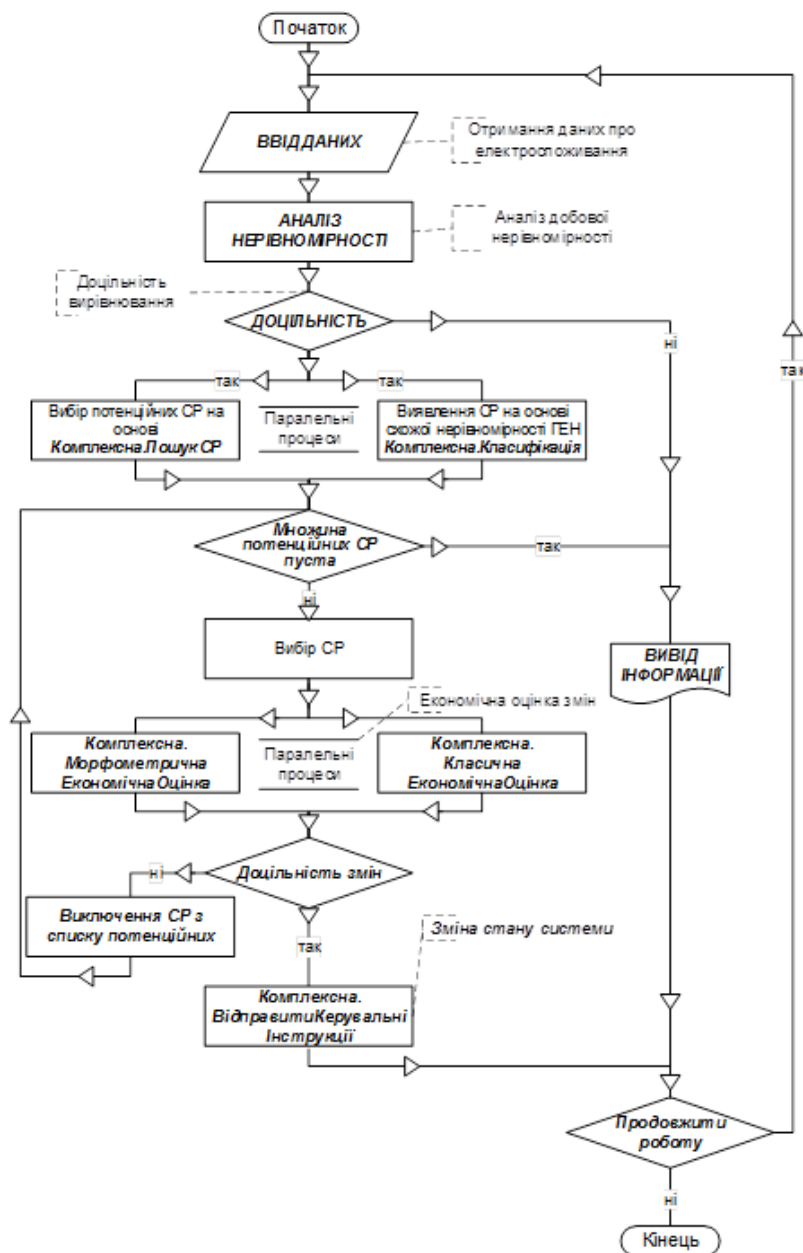


Рис. 4. Алгоритм функціонування комплексної моделі управління навантаженням СЕП промислового підприємства

### ВИСНОВКИ

Для управління навантаженням системи електропостачання необхідно використовувати комплексну морфометричну модель, що в результаті приведе до зменшення оплати за електроенергію та зменшення втрат електроенергії від нерівномірності добового навантаження в мережах. Об'єднання аналізу нерівномірності, пошуку шляхів її зменшення та економічної оцінки процесу електроспоживання дозволяє оперативно моделювати процес електроспоживання та визначати шляхи його покращення. На основі запропонованих моделей та сучасної .NET технології створені комп'ютерні програми, які використовують сучасні бібліотеки введення, обробки та представлення інформації, дозволяючи інтегрувати їх в сучасні системи управління виробництвом:

Графік, що дозволяє будувати відображення графіка електричних навантажень у вигляді діаграми радарного типу та здійснювати розрахунок традиційних та морфометричних параметрів нерівномірності;

Пошук СР, що дозволяє здійснювати пошук споживачів-регуляторів за допомогою розробленої моделі на основі морфопараметричного мультиплікативного чи адитивного критерію;

Класифікація, що дозволяє здійснювати класифікацію графіків електричних навантажень у морфометричних координатах;

Комплексна, що дозволяє аналізувати нерівномірність графіків електричних навантажень, виявляти споживачів-регуляторів та доцільний режим їхньої роботи, здійснювати економічну оцінку варіантів зміни процесу електроспоживання та здійснювати прийом інформації та передачу керувальних вказівок контролерам навантаження.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Komenda T. Morphometrical analysis of daily load graphs/ Komenda T., Komenda N. // International Journal of Electrical Power and Energy Systems. Volume 42, Issue 1, November 2012.- P.721-727. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbr.2011.03.031>
2. Коменда Н. В. Морфометричний розрахунок навантажувальних втрат електроенергії / Н. В. Коменда, Т. І. Коменда // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – №6. – С. 110–113.
3. Коменда Н. В. Морфометрична оцінка та критерій рівномірності графіка електричних навантажень / Н. В. Коменда // Вісн. нац. ун-ту „Львівська політехніка”. – 2010. – №666. – С. 42–46. (Електроенергетичні та електромеханічні системи).
4. Коменда Н. В. Морфометрична класифікація графіків електричного навантаження промислових підприємств / Н. В. Коменда // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – №1. – С. 67–70.
5. Коменда Н.В. Пошук споживачів-регуляторів на основі морфометричного підходу при управлінні добовим навантаженням промислового підприємства / Н.В. Коменда, Т.І. Коменда, О.Д. Демов // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. – 2010. – № 27. – С.22–26.
6. Демов О. Д. Морфометрична оцінка графіка електричних навантажень / О. Д. Демов, Н. В. Коменда, Т. І. Коменда // Промелектро. – 2008. – № 4. – С. 22–25.
7. Демов О. Д. Морфометрія графіка електричних навантажень / О. Д. Демов, Т. І. Коменда, Н. В. Коменда // Енергетика та електрифікація. – 2009. – № 8. – С. 59–62.

Надійшла до редакції 06.12.2013р.

**КОМЕНДА НАТАЛІЯ ВОЛОДИМИРІВНА** – доцент кафедри електропостачання, Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна.